

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-206726

(43)Date of publication of application : 07.08.1998

(51)Int.Cl.

G02B 9/04

G02B 5/18

(21)Application number : 09-009449

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD

(22)Date of filing : 22.01.1997

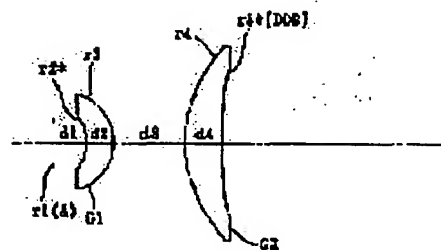
(72)Inventor : KONO TETSUO

(54) SINGLE FOCUS LENS SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide high optical performance and to reduce the number of constitutive lenses by providing an optical diffraction element satisfying a specified conditional expression on any one lens surface between 1st and 2nd lenses at least, and satisfying the specified expression with the 1st and 2nd lenses.

SOLUTION: Concerning a single focus lens system in the configuration of two lenses composed of a 1st lens G1 having comparatively weak refracting force and a 2nd lens G2 having positive refracting force in order from the side of object, and any one of G1 and G2 at least is a diffraction/refraction hybrid lens provided with the optical diffraction element on the surface of optical refraction element. The optical diffraction element satisfies an expression I and the 1st and 2nd lenses G1 and G2 satisfy an expression II. The expression I is $0.01 < \phi; r / \phi; A < 0.45$ and the expression II is $f_2 / f_1 < 0.6$. In this case, $\phi; A$ is the synthetic power of all the system, $\phi; r$ is the power of optical diffraction element, f_1 is the focal distance of 1st lens G1, and f_2 is the focal distance of 2nd lens G2.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.03.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-206726

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月7日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 9/04
5/18

識別記号

F I

G 0 2 B 9/04
5/18

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-9449

(22) 出願日 平成9年(1997) 1月22日

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 河野 哲生

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

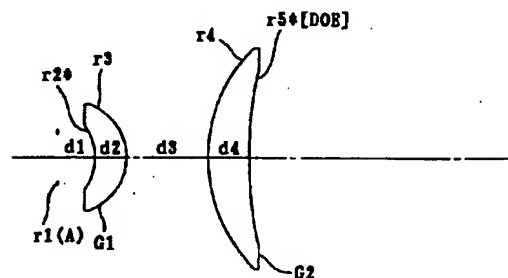
(74) 代理人 弁理士 佐野 静夫

(54) 【発明の名称】 単焦点レンズ系

(57) 【要約】

【課題】 少ないレンズ枚数で収差が良好に補正された単焦点レンズ系を提供する。

【解決手段】 物体側より順に第1、第2レンズG1、G2から成り、第2レンズG2は正の屈折力を有する。面(DOE)には回折光学素子が設けられており、全系の合成パワーと回折光学素子のパワーとの比、第1レンズの焦点距離と第2レンズの焦点距離との比、を適正に設定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側から順に第1レンズと第2レンズとを備えた単焦点レンズ系であって、前記第2レンズが正の屈折力を有し、前記第1レンズ及び第2レンズ中の少なくとも1つのレンズ面が次の条件式(1)を満足する回折光学素子を有し、前記第1レンズ及び第2レンズが次の条件式(2)を満足することを特徴とする単焦点レンズ系；

$$0.01 < |\phi r / \phi A| < 0.45 \quad \dots (1)$$

$$|f_2 / f_1| < 0.6 \quad \dots (2)$$

ただし、

ϕA ：全系の合成パワー、

ϕr ：回折光学素子のパワー、

f_1 ：第1レンズの焦点距離、

f_2 ：第2レンズの焦点距離

である。

【請求項2】 前記回折光学素子を有するレンズ面が、プラスチックから成る屈折光学素子の表面に回折光学素子を設けることによって形成された面であることを特徴とする請求項1に記載の単焦点レンズ系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、単焦点レンズ系に関するものであり、例えば固体撮像素子を備えたビデオカメラやテレビカメラに好適な、レンズ枚数の少ない単焦点レンズ系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、ビデオカメラやテレビカメラの小型化・低コスト化が要望されている。そのため、それに用いる撮影レンズ系にも小型化・低コスト化が要望されている。撮影レンズ系の小型化・低コスト化を達成するためには、構成レンズ枚数を削減することが最も効果的であり、構成レンズ枚数の少ない撮影レンズ系が従来より種々提案されている。例えば、特開平1-307712号公報、特開平2-73210号公報、特開平4-349418号公報等に、構成レンズ枚数の削減により小型化・低コスト化された単焦点撮影レンズ系が提案されている。

【0003】 一方、回折光学素子と屈折光学素子とを組み合わせると、色収差、球面収差等を良好に補正できることが近年注目を集めており、これを応用した様々な光学系が提案されている。例えば、特開平6-324262号公報では撮影レンズ系への応用が開示されており、特開平6-242373号公報では光ディスク用の対物レンズ等への応用が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 特開平1-307712号公報等で提案されている単焦点撮影レンズ系は、収差補正、特に色収差の補正という点で十分な性能が達成されていない。特開平6-324262号公報で提案さ

れている撮影レンズ系は、構成レンズ枚数が5枚以上と多く、特開平6-242373号公報で提案されているレンズは、固体撮像素子(例えば、CCD(Charge Coupled Device))を備えたカメラに使用する撮影レンズ系としては十分な性能が達成されていない。

【0005】 本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであって、その目的は、固体撮像素子を備えたカメラ用の撮影レンズ系として十分な高い光学性能を有し、かつ、構成レンズ枚数の少ない単焦点レンズ系を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明の単焦点レンズ系は、物体側から順に第1レンズと第2レンズとを備えた単焦点レンズ系であって、前記第2レンズが正の屈折力を有し、前記第1レンズ及び第2レンズ中の少なくとも1つのレンズ面が次の条件式(1)を満足する回折光学素子を有し、前記第1レンズ及び第2レンズが次の条件式(2)を満足することを特徴とする。

$$0.01 < |\phi r / \phi A| < 0.45 \quad \dots (1)$$

$$|f_2 / f_1| < 0.6 \quad \dots (2)$$

ただし、

ϕA ：全系の合成パワー、

ϕr ：回折光学素子のパワー、

f_1 ：第1レンズの焦点距離、

f_2 ：第2レンズの焦点距離

である。

【0007】 前記回折光学素子を有するレンズ面を、プラスチックから成る屈折光学素子の表面に回折光学素子を設けることによって形成することが望ましい。

【0008】

【発明の実施の形態】 以下、本発明を実施した単焦点レンズ系を、図面を参照しつつ説明する。図1～図4は、第1～第4の実施の形態の単焦点レンズ系にそれぞれ対応するレンズ構成図である。レンズ構成図中、 ri ($i=1, 2, 3, \dots$) が付された面は物体側から数えて i 番目の面であり、 di ($i=1, 2, 3, \dots$) が付された軸上面間隔は物体側から数えて i 番目の軸上面間隔である。また、 ri に*印が付された面は非球面であり、 ri に(DOE)印が付された面は回折光学面である。

【0009】 第1～第4の実施の形態は、いずれも、物体側から順に、絞りAと、比較的弱い屈折力を有する第1レンズG1と、正の屈折力を有する第2レンズG2と、で構成されたレンズ2枚構成の単焦点レンズ系である。そして、第1、第2レンズG1、G2のうちの少なくとも一方が、屈折光学素子の表面に回折光学素子を設けて成る回折-屈折ハイブリッド型レンズである。

【0010】 第1の実施の形態(図1)において、第1レンズG1は像側に凸面を向けた正メニスカスレンズから成り、第2レンズG2は物体側に凸面を向け回折光学素

子を含めて正のパワーを有するメニスカスレンズから成っている。第2の実施の形態(図2)において、第1レンズG1は物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズから成り、第2レンズG2は像側に凸面を向け回折光学素子を含めて正のパワーを有するメニスカスレンズから成っている。第3の実施の形態(図3)において、第1レンズG1は物体側に凸面を向け回折光学素子を含めて正のパワーを有するメニスカスレンズから成り、第2レンズG2は物体側に凸面を向け回折光学素子を含めて正のパワーを有するメニスカスレンズから成っている。第4の実施の形態(図4)において、第1レンズG1は物体側に凸面を向け回折光学素子を含めて正のパワーを有するメニスカスレンズから成り、第2レンズG2は像側に凸面を向けた正メニスカスレンズから成っている。

【0011】ところで、軸上色収差は、薄肉系で取り扱った場合、次の式(A)で与えられる。

$$L = \phi r / v r + \phi d / v d \quad \cdots (A)$$

ただし、

L: 軸上色収差、

ϕr : 屈折光学素子の屈折力、

$v r$: 屈折光学素子の分散値(すなわち、アッペ数。)、

ϕd : 回折光学素子のパワー、

$v d$: 回折光学素子の分散値(アッペ数に相当する。)

であり、 $v r$ 、 $v d$ は以下の式(B)、(C)で表される。

$$v r = (N d - 1) / (N f - N c) \quad \cdots (B)$$

$$v d = \lambda d / (\lambda f - \lambda c) = -3.45 \quad \cdots (C)$$

ただし、

Nd: d線に対する屈折光学素子のレンズ光軸上での屈折率、

Nf: f線に対する屈折光学素子のレンズ光軸上での屈折率、

Nc: c線に対する屈折光学素子のレンズ光軸上での屈折率、

λd : d線の波長(=587.56nm)、

λf : f線の波長(=486.13nm)、

λc : c線の波長(=656.28nm)

である。

【0012】上式(C)から分かるように、回折光学素子は負の大きな分散値(-3.45)を有している。屈折光学素子に回折光学素子を組み合わせると、正の $\phi r / v r$ を負の $\phi d / v d$ で打ち消すことができる。したがって、屈折光学素子で発生した色収差を回折光学素子で補正することが可能である。

【0013】第1～第4の実施の形態のようにレンズ枚数を2枚にまで削減すると、屈折光学素子で生じる色収差が増大するため、屈折光学素子のみでは色収差の補正が困難になる。しかし、第1～第4の実施の形態では、第1レンズG1及び第2レンズG2中の少なくとも1つのレンズ面が回折光学素子を有しているため、上述の回折光学素子の特性を利用した色収差補正のパワーを回折

光学素子に持たせることができる。したがって、屈折光学素子で発生した色収差を回折光学素子で良好に補正することができる。例えば、第1レンズG1の少なくとも1面に回折光学素子を設けることによって、主に軸上色収差を補正することができ、また、第2レンズG2の少なくとも1面に回折光学素子を設けることによって、主に倍率色収差を補正することができる。

【0014】第1～第4の実施の形態に用いられている回折光学素子は次の条件式(1)を満足しており、また、第1レンズG1及び第2レンズG2は次の条件式(2)を満足している。

$$0.01 < |\phi r / \phi A| < 0.45 \quad \cdots (1)$$

$$|f 2 / f 1| < 0.6 \quad \cdots (2)$$

ただし、

ϕA : 全系の合成パワー、

ϕr : 回折光学素子のパワー、

f 1: 第1レンズG1の焦点距離、

f 2: 第2レンズG2の焦点距離

である。

【0015】条件式(1)は、全系の合成パワー ϕA に対する回折光学素子のパワー ϕr を規定する式であり、回折光学素子の収差補正量、特に色収差の補正をコントロールする式である。条件式(1)の下限を超えると、回折光学素子のパワーが弱くなりすぎるため、軸上色収差、倍率色収差の補正不足が著しくなる。条件式(1)の上限を超えると、回折光学素子のパワーが強くなりすぎるため、軸上色収差、倍率色収差の補正過剰が著しくなる。

【0016】条件式(2)は、第2レンズG2の焦点距離f 2に対する第1レンズG1の焦点距離f 1を規定する式であり、第1レンズG1が第2レンズG2に対して弱いパワーを持つことを意味している。前述したように、回折光学素子は第1、第2レンズG1、G2のうちの少なくとも一方に設けられている。したがって、各レンズG1、G2の焦点距離f 1、f 2は、回折光学素子を有しない場合には屈折光学素子による屈折力の逆数となるが、回折光学素子を有する場合には屈折光学素子による屈折力と回折光学素子によって光を回折させるパワーとの和の逆数となる。

【0017】第1レンズG1の焦点距離f 1が負の場合に条件式(2)の上限を超えると、レトロフォーカス度合いが強くなるため、必要以上にバックフォーカスが長くなって大型化するとともに、マイナスの歪曲収差が著しくなる。第1レンズG1の焦点距離f 1が正の場合に条件式(2)の上限を超えると、像面のアンダー側の倒れが目立ってくる。

【0018】ところで、一般に、固体撮像素子を備えたカメラ(ビデオカメラ等)には、各受光素子の受光効率を上げるために、各受光素子の入射面側に集光性のマイクロレンズが設けられている。このマイクロレンズによる集光性を上げるためには、マイクロレンズに入射する光

束がマイクロレンズの光軸に対して平行であること（すなわち、各受光素子の入射面に対して垂直に軸外光束がマイクロレンズに入射すること）が望ましい。射出瞳を略無限遠に位置させて撮影レンズ系を像側に略テレセントリックにすれば、各受光素子の入射面に対して略垂直な方向から軸外光束がマイクロレンズに入射することになるため、マイクロレンズによる集光性が向上することになる。逆に、撮影レンズ系の射出瞳が像面に近づくと、固体撮像素子で撮影される画像の周辺部に位置するマイクロレンズには、受光素子の入射面に対して斜め方向から軸外光束が入射することになり、その結果、マイクロレンズによる集光性が画像の周辺部で低下してしまう。画像の周辺部で上記集光性が低下すると、画像の中心部と周辺部とで画像の明るさに違いが生じることになる。

【0019】上記略テレセントリックを小型で低コストの単焦点レンズ系に適用する場合、レトロフォーカスタイプが有利である。レトロフォーカスタイプの構成をとると、バックフォーカスが比較的長くなって射出瞳を遠くに位置させる上で有利になるからである。レトロフォーカスタイプの最少レンズ枚数は負・正の2枚であるが、レンズ2枚でレトロフォーカスタイプを構成すると、色収差（特に倍率色収差）の補正が非常に困難になる。本発明の構成によれば、第1～第4の実施の形態のように構成レンズ枚数が2枚と少ないにもかかわらず、前述したように色収差等の諸収差が良好に補正されるため、固体撮像素子を備えたカメラ用の撮影レンズ系として充分な高い光学性能が達成されるのである。

【0020】上記回折光学素子によって構成される回折光学面は、ブレード化（鋸状）されたものであることが望ましい。回折光学面をブレード化することによって、回折効率を向上させることができる。回折光学面をブレード化する方法としては、半導体製造技術等を用いて鋸形状をステップ形状で近似する方法（バイナリーオブティクス）、精密な切削加工により製作された金型でガラス又はプラスチック材料を成型する方法、ガラスレンズ上に形成された樹脂層に対して回折光学面の成型を行う方法等が挙げられる。

【0021】第1～第4の実施の形態では、回折光学素子を有するレンズがプラスチックから成っている。このように、プラスチックから成る屈折光学素子（すなわち、プラスチックレンズ）の表面に回折光学素子を設けることによって、回折光学素子を有するレンズ面を形成することが望ましい。プラスチックレンズ上に回折光学面を形成する場合には、例えば、射出成形等の一体製造が可能である。したがって、プラスチックレンズ表面に回折光学面を形成する方が、ガラスレンズ表面に回折光学面を形成するよりも安価に回折光学素子を得ることができ、レンズ系の低コスト化を図る上で非常に有効である。

【0022】第1～第3の実施の形態のように、非球面形状を有する屈折光学素子の表面に回折光学素子を設けることが望ましい。回折光学素子のベース面が非球面であれば、レンズの低枚数化に起因する球面収差やコマ収差を非球面で良好に補正することができるだけでなく、レンズを製造する上でのメリットも得られる。例えば、機械加工で回折光学面を形成する場合に、非球面形状と回折光学面形状とを同時に加工することができ、製造工程の短縮化及び加工の高精度化が可能になる。

【0023】

【実施例】以下、本発明を実施した単焦点レンズ系を、コンストラクションデータ、収差図等を挙げて更に具体的に説明する。ここで例として挙げる実施例1～4は、前述した第1～第4の実施の形態にそれぞれ対応する実施例であり、第1～第4の実施の形態を表す図1～図4は、実施例1～4のレンズ構成をそれぞれ示している。

【0024】各実施例のコンストラクションデータにおいて、 r_i ($i=1,2,3,\dots$) は物体側から数えて i 番目の面の曲率半径を示しており、 d_i ($i=1,2,3,\dots$) は物体側から数えて i 番目の軸上面間隔を示している。また、 N_i ($i=1,2$)、 v_i ($i=1,2$) は、物体側から数えて i 番目のレンズの d 線に対する屈折率、アッペ数を示している。なお、全系の焦点距離 f 及びFナンバー $FN0$ をコンストラクションデータと併せて示し、また、各実施例における条件式(1)、(2)に対応する値を表1に示す。

【0025】曲率半径 r_i に*印が付された面は、非球面で構成された面であることを示し、非球面の面形状を表す次の式(AS)で定義されるものとする。

【0026】

【数1】

$$Y = \frac{C \cdot X^2}{1 + (1 - \varepsilon \cdot X^2 \cdot C^2)^{1/2}} + \sum A_i \cdot X^i \quad \dots (AS)$$

【0027】ただし、式(AS)中、

Y : 光軸方向の基準面からの変位量、

X : 光軸に対して垂直な方向の高さ、

C : 近軸曲率、

ε : 2次曲面パラメータ、

A_i : i 次式の非球面係数

である。

【0028】曲率半径 r_i に(DOE)印が付された面は、屈折光学素子の表面に回折光学素子が形成された面であることを示し、回折光学面のピッチを決める位相形状を表す次の式(DS)で定義されるものとする。

【0029】

【数2】

$$\phi(X) = (2\pi/\lambda) \cdot (\sum R_i \cdot X^{2i}) \quad \dots (DS)$$

【0030】ただし、式(DS)中、

$\phi(X)$: 回折光学面の位相関数、

R_i : 回折光学面の i 次の位相関数係数、

X : 光軸に対して垂直な方向の高さ、
 λ : 設計波長(=587.56nm(d線))
 である。

[0031] <実施例1>

f=4.1
 FNO=5.6
 [曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]
 r1= ∞ (絞りA)
 d1= 0.550
 r2= -0.894
 d2= 0.454 N1=1.49270 ν 1= 57.49
 r3= -0.918
 d3= 1.177
 r4= 2.566
 d4= 0.603 N2=1.49270 ν 2= 57.49
 r5*[DOE]= 7.402

[0032]

[非球面データ]
 r2 : $\epsilon = 0.100 \times 10$
 A4=-2.70405 $\times 10^{-1}$
 A6= 4.25560
 A8=-4.27846 $\times 10$
 A10= 1.77116 $\times 10^2$
 A12=-2.63327 $\times 10^3$
 r5 : $\epsilon = 0.100 \times 10$
 A4=-1.62501 $\times 10^{-2}$
 A6= 2.17782 $\times 10^{-2}$
 A8=-6.43649 $\times 10^{-3}$
 A10= 3.83739 $\times 10^{-4}$

[0033]

[回折光学面の位相関数係数]
 r5 : R2=-1.31834 $\times 10^{-2}$
 R4= 8.36029 $\times 10^{-3}$
 R6=-6.31835 $\times 10^{-3}$
 R8= 1.55990 $\times 10^{-3}$

[0034] <実施例2>

f=4.1
 FNO=5.6
 [曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]
 r1= ∞ (絞りA)
 d1= 0.300
 r2= 1.765
 d2= 0.300 N1=1.49270 ν 1= 57.49
 r3= 1.577
 d3= 1.188
 r4= 25.131
 d4= 0.652 N2=1.49270 ν 2= 57.49
 r5*[DOE]= -2.110

[0035]

[非球面データ]

r2 : $\epsilon = 0.277$
 A4=-1.58241 $\times 10^{-2}$
 A6= 6.78545 $\times 10^{-2}$
 A8=-1.69623 $\times 10^{-1}$
 A10= 7.88369 $\times 10^{-2}$
 r5 : $\epsilon = 0.100 \times 10$
 A4= 3.29187 $\times 10^{-2}$
 A6=-3.07254 $\times 10^{-2}$
 A8= 1.98569 $\times 10^{-2}$
 A10=-3.85535 $\times 10^{-4}$

[0036]

[回折光学面の位相関数係数]

r5 : R2=-8.46946 $\times 10^{-3}$
 R4= 5.10070 $\times 10^{-4}$
 R6= 2.10931 $\times 10^{-5}$
 R8=-1.41853 $\times 10^{-5}$
 R10=-1.33746 $\times 10^{-6}$

[0037] <実施例3>

f=4.1
 FNO=5.6
 [曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]
 r1= ∞ (絞りA)
 d1= 0.300
 r2= 0.897
 d2= 0.320 N1=1.49270 ν 1= 57.49
 r3*[DOE]= 0.864
 d3= 1.409
 r4= 2.709
 d4= 0.815 N2=1.49270 ν 2= 57.49
 r5*[DOE]=-10.251

[0038]

[非球面データ]

r2 : $\epsilon = 0.719$
 A4= 1.05737 $\times 10^{-2}$
 A6= 1.92828 $\times 10^{-1}$
 A8=-8.97243 $\times 10^{-1}$
 A10= 5.86997 $\times 10^{-1}$
 r5 : $\epsilon = 0.100 \times 10$
 A4= 1.39509 $\times 10^{-3}$
 A6=-4.07198 $\times 10^{-3}$
 A8= 2.94653 $\times 10^{-3}$
 A10=-6.70439 $\times 10^{-4}$

[0039]

【回折光学面の位相関数係数】

r3: R2=-7.09875×10⁻³
 R4= 7.16763×10⁻³
 R6=-3.49850×10⁻³
 R8=-4.14464×10⁻³
 R10=-4.74011×10⁻¹
 r5: R2=-4.94366×10⁻³
 R4= 1.95843×10⁻⁴
 R6=-1.02232×10⁻³
 R8= 5.23693×10⁻⁴
 R10=-8.06184×10⁻⁵

【0040】《実施例4》

f=4.1

FN0=5.6

【曲率半径】 【軸上面間隔】 【屈折率】 【アッペ数】

r1= ∞(絞りA)

d1= 0.300

r2= 2.203

d2= 1.070 N1=1.49270 ν1= 57.49

r3[DOE]= 1.902

d3= 0.910

r4= 6.836

d4= 0.795 N2=1.49270 ν2= 57.49

r5= -2.447

【0041】

【非球面データ】

r2: ε= 0.893

A4=-1.23772×10⁻³

A6= 3.71824×10⁻³

A8=-1.26091×10⁻¹

A10= 2.54211×10⁻¹

r5: ε= 0.100×10

A4= 6.35074×10⁻³

A6=-4.19462×10⁻³

A8= 1.58429×10⁻³

A10=-3.62308×10⁻⁴

【0042】

【回折光学面の位相関数係数】

r3: R2=-1.56284×10⁻³
 R4= 4.85402×10⁻³
 R6= 2.71395×10⁻³
 R8=-7.87086×10⁻³
 R10= 7.54412×10⁻³

【0043】

【表1】

		条件式(1) φr/φA	条件式(2) f2/f1
実施例1	r5の面	0.108	0.488
実施例2	r5の面	0.089	0.068
実施例3	r3の面	0.058	0.250
	r5の面	0.040	
実施例4	r3の面	0.128	0.122

10 【0044】図5～図8は、実施例1～実施例4にそれぞれ対応する縦収差図であり、図9～図12は、実施例1～実施例4にそれぞれ対応する横収差図である。なお、図5～図12に示す諸収差の評価は、1次の回折光を用いて行ったものである。

【0045】図5～図8の球面収差図において、実線はd線に対する球面収差、一点鎖線はg線に対する球面収差、破線はc線に対する球面収差を表している。また、非点収差図において、実線Xはサジタル光束での非点収差を表しており、実線Yはメリディオナル光束での非点収差を表わしている。なお、球面収差(横軸, mm)の縦軸は、入射高さhをその最大高さh0で規格化したh/h0を表しており、非点収差(横軸, mm)及び歪曲収差(横軸, %)の縦軸は半面角ω(°)を表している。

【0046】図9～図12の横収差図において、X-FANはサジタル光束での横収差図であり、Y-FANはメリディオナル光束での横収差図である。実線はd線に対する横収差、一点鎖線はg線に対する横収差、破線はc線に対する横収差を表している。各横収差図は、各図中に「y'/y0' RELATIVE FIELD HEIGHT (ω°)」で表されている像高比y'/y0'(半面角ω°)での横収差を示している。例えば図9では、上から順に、像高比y'/y0'=1.0, 0.78, 0.56, 0.28, 0.00(半面角ω=25.97, 19.94, 14.11, 7.003, 0.000°)である。なお、像高比y'/y0'は、像高y'を最大像高y0'で規格化した(つまり、最大像高y0'を1としたときの)相対的像高である。

【0047】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、構成レンズ枚数が少ないにもかかわらず、固体撮像素子を備えたカメラ用の撮影レンズ系として十分な高い光学性能を有する単焦点レンズ系を実現することができる。そして、構成レンズ枚数の削減により小型化・低コスト化された単焦点レンズ系を用いることによって、カメラの小型化・低コスト化を達成することができる。さらに、回折光学素子をプラスチックから成る屈折光学素子の表面に設けることによって、製造を低コストかつ容易に行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態(実施例1)のレンズ構成図。

【図2】第2の実施の形態(実施例2)のレンズ構成図。

50 【図3】第3の実施の形態(実施例3)のレンズ構成図。

【図4】第4の実施の形態(実施例4)のレンズ構成図。

【図5】実施例1の縦収差図。

【図6】実施例2の縦収差図。

【図7】実施例3の縦収差図。

【図8】実施例4の縦収差図。

【図9】実施例1の横収差図。

【図10】実施例2の横収差図。

【図11】実施例3の横収差図。

【図12】実施例4の横収差図。

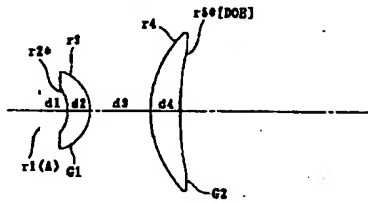
【符号の説明】

G1 …第1レンズ

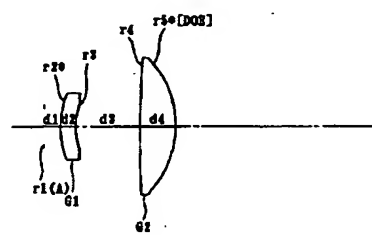
G2 …第2レンズ

A …絞り

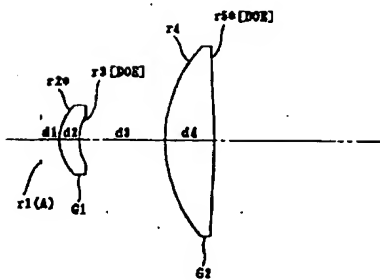
【図1】



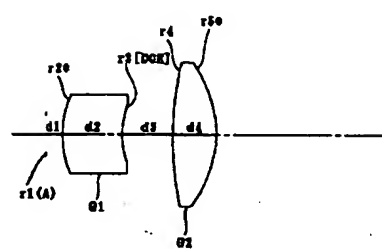
【図2】



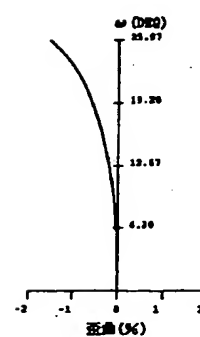
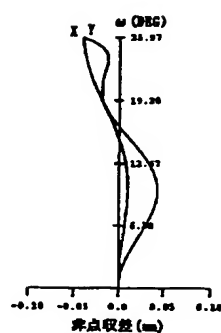
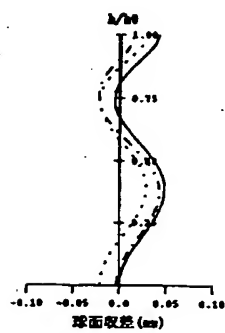
【図3】



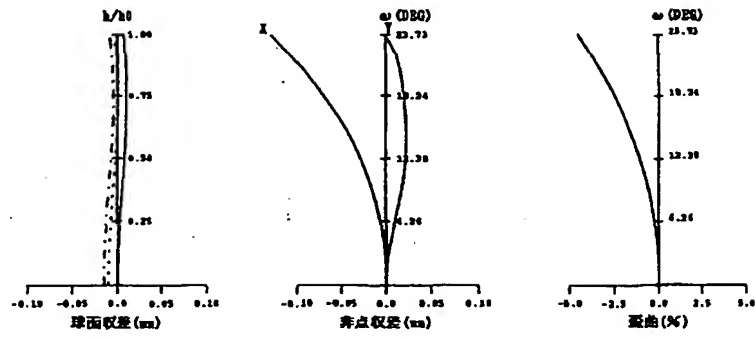
【図4】



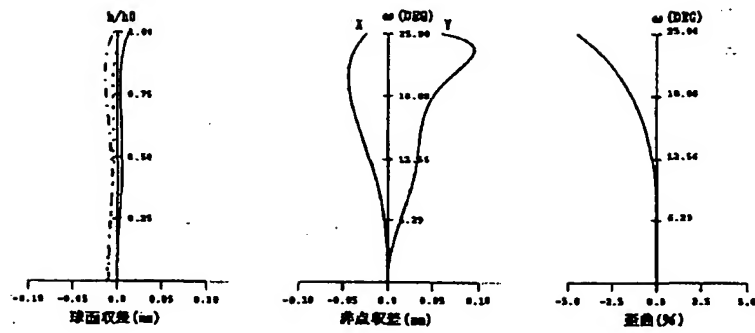
【図5】



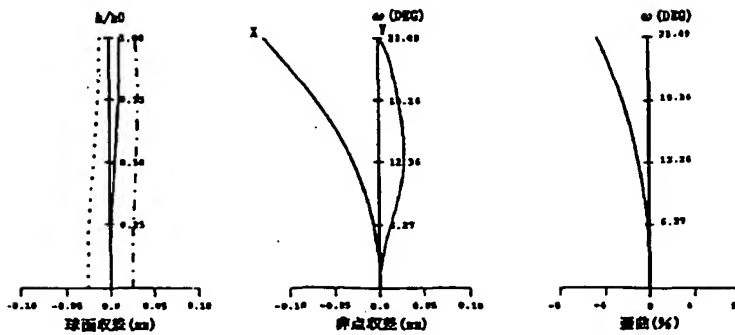
【図6】



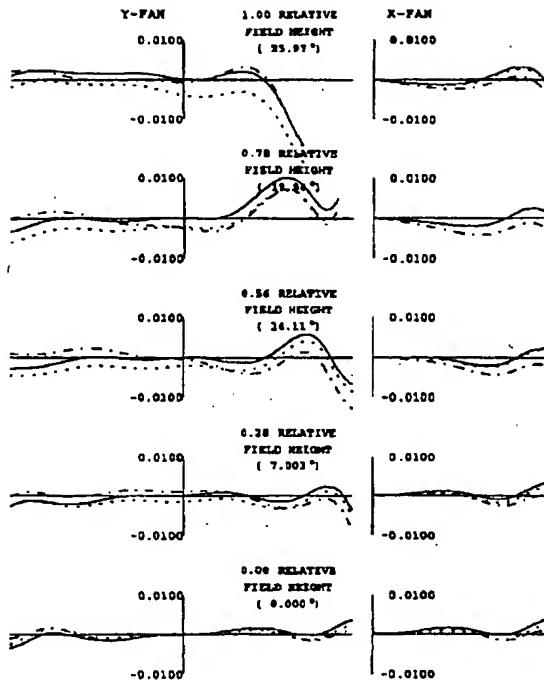
【図7】



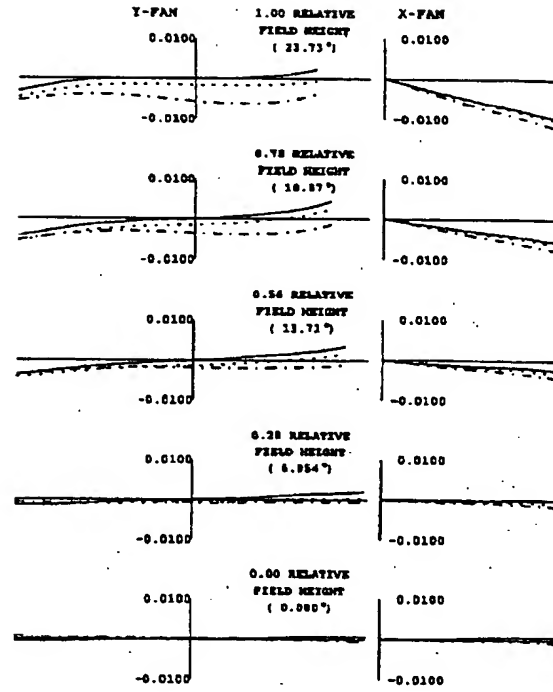
【図8】



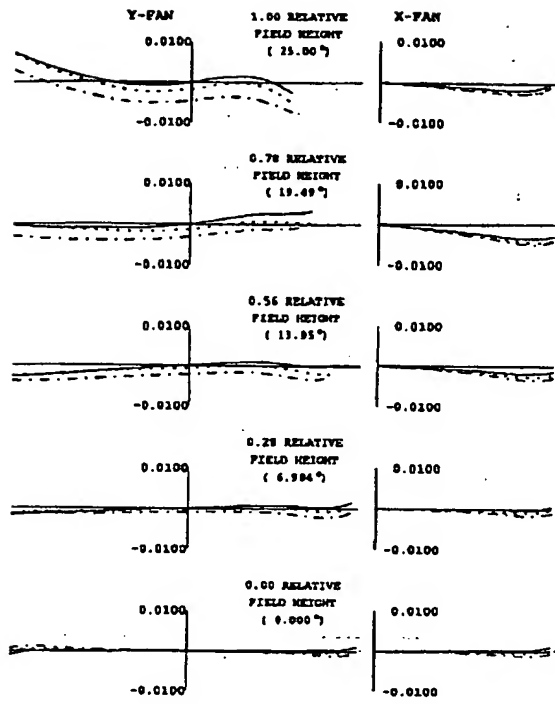
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

